

## **IMPLEMENTAÇÃO BIM NO CONTEXTO DE INSPEÇÃO E GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE OBRAS DE ARTE EM BETÃO ARMADO: PROPOSTA DE METODOLOGIA E APLICAÇÃO PILOTO**

**Gabriel Sousa<sup>(1)</sup>, Miguel Azenha<sup>(1)</sup>, José Matos<sup>(1)</sup>, Vitor Brito<sup>(2)</sup>**

(1) Universidade do Minho, Guimarães

(2) Betar Consultores Lda., Lisboa

### **Resumo**

Os trabalhos reportados neste artigo versam uma análise das possibilidades e desafios decorrentes do uso de técnicas '*Building Information Modelling*' no contexto da inspeção e manutenção de pontes de betão armado. O trabalho divide-se em duas partes fundamentais. A primeira parte do artigo está relacionada com o estabelecimento de metodologias de modelação em software BIM, tendo em conta a orientação do modelo para gestão da manutenção. Definem-se processos e metodologias de modelação de informação e geometria, com particular ênfase à necessidade de criação de objetos específicos para inclusão da informação de danos e extração de amostras, entre outros. O modelo está também capacitado para registo cumulativo de informação e permissão de análise comparativa entre dados de inspeções consecutivas. A segunda parte do artigo diz respeito à aplicação das propostas efetuadas no contexto de um caso de estudo de ponte em betão armado localizada no Gerês.

### **1. Introdução**

O património das obras de arte de engenharia civil, depois de construído, tem de ser acompanhado ao longo da sua vida útil, de forma periódica e com amostragem relevante, para que se possa garantir, simultaneamente, a segurança da sua estrutura e um adequado desempenho em serviço. As ações de inspeção e de gestão da manutenção são fundamentais para que seja possível detetar atempadamente situações de maior perigosidade, e possibilitar uma programação otimizada das intervenções necessárias a médio/longo prazo. No âmbito das mais recentes recomendações das Infraestruturas de Portugal [1] emitida em 2015, prevê-se que ao longo da vida útil de uma obra de arte sejam realizadas inspeções com as seguintes tipologias: inventário, rotina, principal, especial e subaquática. No entanto, neste trabalho apenas foram abordadas as inspeções de rotina, principal e especial, sendo nessas que se baseia

fundamentalmente o estudo. Assim sendo, nas inspeções de rotina o objetivo principal é avaliar o estado de manutenção das obras de arte, o qual traduz o desempenho suficiente ou insuficiente. Duma forma geral, as inspeções de rotina devem ser realizadas com periodicidade de 2 anos. As inspeções principais são mais detalhadas e realizam-se, em geral, com periodicidade de 6 anos. Distinguem-se das inspeções de rotina, uma vez que contemplam a avaliação detalhada das anomalias mais graves, cuja retificação terá de passar pela realização de trabalhos de reparação ou pela preparação de projetos de reparação. As inspeções especiais surgem normalmente após a realização de uma inspeção principal, sendo que não existe nenhuma periodicidade definida para as mesmas, e realizam-se sempre que se considere necessário identificar e analisar com maior detalhe alguma deficiência detetada, de forma a garantir a segurança e durabilidade da estrutura. Hoje em dia, os conceitos e metodologias de gestão de ativos (*'facility management'*) têm vindo a ser aplicados de forma generalizada no contexto dos edifícios, particularmente com o apoio de modelos BIM. De uma forma geral, a gestão de ativos representa uma abordagem integrada para a manutenção, melhoria e adaptação de edifícios de uma organização, de modo a promover um ambiente fértil que suporte os objetivos principais da mesma [2]. Nesse campo, quer na gestão global ou simplesmente na manutenção de edifícios, o BIM veio auxiliar as operações de manutenção e conservação, tornando as mesmas mais rápidas, fiáveis e precisas. Face às oportunidades de inclusão de informação melhorada através das novas tecnologias [3], e tendo em conta o cariz de gestão de informação inerente ao *Building Information Modelling*, faz todo o sentido modelo seja aproveitado e a informação seja utilizada de forma relevante ao longo do ciclo de vida do projeto [4].

O trabalho aqui reportado reflete numa colaboração entre a Universidade do Minho e a Betar. Refira-se que a Betar conta com cerca de 20 anos de experiência na área de inspeção de obras de arte, tendo inclusive desenvolvido um sistema de Gestão de Obras de Arte - GOA® [5]. O GOA é um *software* que contempla uma base de dados ordenada que permite apresentar o registo de toda a informação e das características de uma obra de arte num inventário ou catálogo, produzir relatórios, calcular custos associados às reparações e ainda realizar ajustes orçamentais. No entanto, a abordagem do GOA não inclui a indexação geométrica da informação e respetiva integração BIM. Por essa razão, e pela noção de premência de modernização e atualização, este trabalho centrou-se na exploração das oportunidades na implementação BIM no contexto de inspeção e gestão da manutenção de obras de arte em betão armado. Refira-se adicionalmente que este artigo tem relação direta com os aspetos principais desenvolvidos no âmbito de uma dissertação de Mestrado em Engenharia Civil na Universidade do Minho que pode ser consultada na referência [6].

O artigo contempla uma parte inicial que apresenta uma proposta de aplicação de metodologias BIM para gestão de informação de inspeção de obras de arte na qual se evidenciam os desafios existentes na realização de um plano de execução BIM para inspeção em obras de arte, incluindo discussão do que poderão ser os níveis de detalhe, as regras de modelação para cumprir o bom procedimento da realização do modelo no contexto de inspeções, a forma de apresentar a informação, e, ainda, como proceder à sua colocação (Secção 2). Seguidamente, na Secção 3, apresenta-se um caso de estudo no qual se criou um modelo BIM completo de uma ponte em Ruivães, no Gerês, seguindo as metodologias *'Building Information Modelling'*. As conclusões do trabalho realizado apresentam-se na Secção 4.

## 2. Proposta de aplicação de metodologias BIM para gestão de informação de inspeção de obras de arte

### 2.1 Enquadramento estratégico

Em termos estratégicos, é importante que a proposta de uso de BIM para gestão da informação de inspeção de obras de arte seja capaz de satisfazer integralmente os requisitos atuais colocados pelas Infraestruturas de Portugal (EP, 2015). Perante os tipos de inspeção que foram referidos acima, e tendo em conta a potencial necessidade de digitalizar todo o parque construído para modelos BIM, é necessário tomar decisões estratégicas sobre a forma de atuar em cada caso, que se discutem de seguida (com base na Figura 1). Para obras de arte existentes que não têm modelo BIM, há que tomar a decisão se vale ou não a pena criar o modelo BIM. Nem sempre se justificará a criação de um modelo BIM, tendo em conta fatores de ordem económica, incertezas ou falta de desenhos. Pelo contrário, em obras de arte novas, a existência de modelos BIM em fase de projeto será provável doravante, tendo até em conta o guia de contratação BIM [7] da CT197 que foi recentemente emitido.

De uma forma resumida, pode indicar-se que em obras de arte existentes, apenas se considera razoável a ponderação de execução de modelo BIM de uma ponte específica em face de uma inspeção principal ou especial, nas quais os meios despoletados poderão tornar justificável o esforço de modelação. No entanto, em inspeções de rotina, é recomendável que cada vez mais sejam adotadas tecnologias que apoiem a melhor compreensão da ponte como um todo e respetiva envolvente, recorrendo a técnicas expeditas como a fotografia 360° [6].

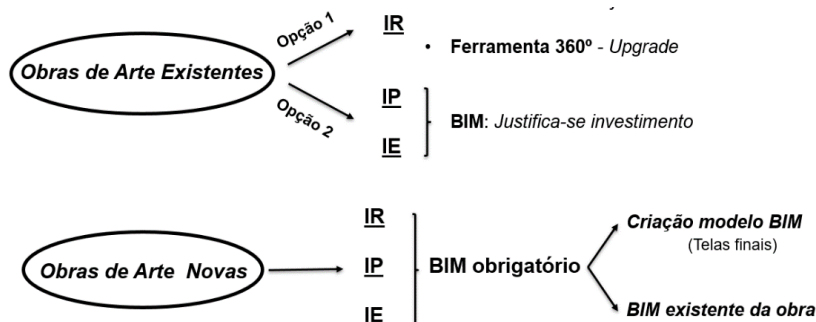


Figura 1-Estrutura de suporte em pontes existentes e pontes novas perante o tipo de inspeção

### 2.2 Proposta de Regras de Modelação, Níveis de desenvolvimento e Metodologias de Representação

Uma vez que não foram encontradas recomendações concretas sobre a aplicação de metodologias BIM no contexto específico das inspeções em obras de arte e na gestão da correspondente informação recolhida, foi fundamental definir regras de modelação para que o modelo possa ser utilizado e manipulado de forma apropriada para a realização de uma inspeção numa obra de arte.

A criação do modelo BIM tem de ser realizada de forma a facilitar todo o processo ao inspetor, aproximando-se da realidade de forma adequada ao seu uso.

Assim, elaborou-se um documento no qual se apresentam vários conceitos gerais de modelação diretamente direcionados para a criação de modelos BIM para inspeção e gestão da manutenção em obras de arte de betão. Na Figura 2 transcreve-se um conjunto de regras de modelação

propostas para o Tabuleiro de uma ponte, sendo que para mais detalhes se recomenda a consulta da referência [6]. Apesar de não se ter prescrito nenhum sistema de classificação em específico, o conjunto de regras de modelação é compatível com a adição de informação relativa a um ou mais sistemas de classificação.

- | Tabuleiro   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• Modelar com o elemento da biblioteca apropriado. No caso de não existir um elemento da biblioteca que satisfaça as necessidades, estes elementos podem ser modelados como objetos combinados.</li><li>• Modelados com precisão em termos de geometria e localização, incluindo as ligações, armaduras e objetos incorporados.</li><li>• Modelar por níveis.</li><li>• Modelar com a classificação e o tipo de família adequada.</li><li>• Modelar a localização de forma a que o topo do tabuleiro seja coincidente com o plano de referência associado.</li><li>• Modelar todas as aberturas</li><li>• Modelar variações de espessura.</li><li>• Modelar todas as inclinações.</li><li>• Modelar ressaltos ou rebaixos no tabuleiro.</li></ul> |

Figura 2-Regras de modelação para o tabuleiro

Tendo em conta as finalidades de inspeção e a reduzida necessidade de informação detalhada sobre aspetos geométricos de uma obra de arte, efetuou-se também uma proposta relativa ao nível de detalhe geométrico e de informação que um modelo deve ter para atividades de inspeção em obras de arte, designado por *LOD Bridge* e que pode ser consultado em detalhe na referência [6].

A título exemplificativo mostra-se a Figura 3 de *LOD Bridge 300* e *LOD Bridge 400* de um tabuleiro de uma ponte que têm analogia com o LOD 300 e LOD 400 da BIMForum em termos de conteúdo da informação [8].

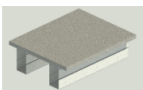
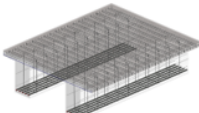
<p><b>Tabuleiro</b></p> <p><b>LOD Bridge 300</b> Este elemento deve incluir:</p>  <ul style="list-style-type: none"><li>• Elemento apropriado da biblioteca. Caso não existir um elemento na biblioteca que satisfaça as necessidades, estes elementos podem ser modelados como objetos combinados.</li><li>• Tamanho específico e geometria exata do elemento.</li><li>• Tipo de betão do elemento estrutural.</li><li>• Posicionamento exato do elemento através da grelha estrutural definida com a orientação específica.</li><li>• Variações de espessura sem simplificações relativamente à geometria real.</li><li>• Todas as superfícies têm inclinações precisas ou pontos pretendidos.</li><li>• Penetrações para itens como o MEP.</li><li>• Principais aberturas do elemento estrutural.</li><li>• Inclinação necessária para o escoamento das águas.</li></ul>	<p><b>LOD Bridge 400</b> Este elemento deve incluir:</p>  <ul style="list-style-type: none"><li>• Armaduras modeladas por tipo e forma detalhada, elementos de reforço incluindo pós-tensão e zonas de ligação.</li><li>• Espessura total que explica enquadramento e acabamento específico.</li><li>• Amarrações e equipamentos detalhados que completem o elemento estrutural.</li><li>• Tipo do betão definido por especificações (força, ar, tamanho agregado, etc.)</li><li>• Juntas de expansão.</li><li>• Componentes permanentes de formação ou escoramento.</li><li>• Varas de ancoragem</li></ul>
--	--

Figura 3-LOD Bridge 300 e LOD Bridge 400 para um tabuleiro

Para as informações recolhidas durante a inspeção, foi selecionado um conjunto de entidades principais a modelar. Essas entidades dizem respeito a situações de danos observados, mas também de informação sobre amostras recolhidas (p.ex. carotes).

Consideraram-se duas estratégias possíveis para a informação da inspeção. Uma primeira que seria a colocação direta da caracterização geométrica das informações obtidas, nomeadamente carotes com a sua forma real (Figura 4a), janelas de inspeção com a sua forma real (Figura 4b), bem como fendas com o seu desenvolvimento real em cada fase da modelação (Figura 4c). Porém, a complexidade que a representação explícita da geometria representa e o tempo inerente na modelação iria complicar o processo. Uma vez que não interessa a representação do objeto, mas sim a informação que nele está contida, e como se pretende que a caracterização do dano e a forma como se introduz a informação se aproxime em todas as inspeções, esta solução não foi considerada viável.

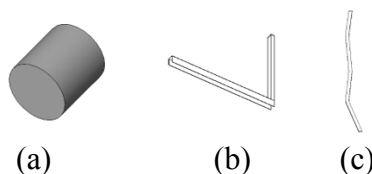


Figura 4-Objetos com representação explícita da geometria: (a) carote, (b) janela de inspeção, (c) fenda

Assim, em oposição, considerou-se a representação da geometria através de representações simbólicas superficiais com configurações retangulares normalmente designadas por *Patch* (Figura 5). Este tipo de representação permite acumular a informação relevante relativa a danos e amostras colhidas. De facto, e a título exemplificativo, considera-se suficiente conhecer a evolução de abertura de uma dada fenda, localizada numa dada região, e que pode ser acompanhada diretamente com modelos preditivos. Para observação da evolução da geometria duma fenda específica, podem ser consultadas fotografias específicas indexadas ao modelo (quer no espaço, quer no tempo).

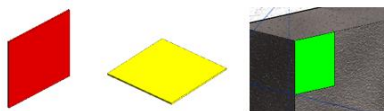


Figura 5-Objetos com representação simbólica: Patch

Por último, uma vez que existem novas tecnologias de apoio à inspeção para as quais se pode considerar que já existe alargada disseminação/disponibilidade (por exemplo, *laser scanning* e fotografia 360°), foi também considerada a sua integração nos modelos BIM em contexto de inspeção/gestão. A informação do *laser scanning* consegue ser importada diretamente para os modelos e ainda ser indexada a data na qual a inspeção foi feita. Por outro lado, a captura de fotografia 360° pode ser colocada no modelo através de elementos fictícios esféricos a colocar no modelo BIM, em correspondência com os locais de onde foram adquiridas as fotos 360°. Nesses elementos esféricos podem ser colocados links para os URL's das várias fotos tiradas ao longo das inspeções a que vai sendo sujeita a estrutura.

Refira-se adicionalmente que foi também preparado um conjunto de modelos de folha de desenho, com montagem de vistas do modelo de inspeção, facilitando a produção de peças desenhadas automáticas semelhantes àquelas que hoje em dia se produzem no contexto das inspeções.

### 2.3 Desenvolvimento de automatismos para introdução de dados

Perante a necessidade de introduzir uma elevada quantidade de informação nos modelos BIM após a realização de uma inspeção, e sendo um processo com baixo grau de automatismo, desenvolveu-se uma aplicação específica para o *software* Revit (plataforma utilizada neste trabalho) nesse contexto. A ferramenta desenvolvida interage diretamente com a API do Revit, permitindo que o inspetor coloque toda a informação da inspeção sistematizada numa folha de Microsoft Excel e exporte a informação para os objetos do modelo de forma direta. Isto permite que os técnicos de inspeção não precisem de ter conhecimentos avançados de modelação, nem tão pouco precisem de interação direta no modelo para atualização de dados. Apenas será imprescindível a utilização direta da plataforma de modelação para introdução de novos objetos

o modelo, portanto. Esta estratégia foi inspirada na técnica usual de gravação de informação de inspeção em formato áudio (durante a inspeção), para que em ambiente ‘escritório’ se passe a informação para a plataforma de dados (GOA no caso da Betar). Assim sendo, com recurso à metodologia BIM proposta, acaba por se mimetizar o processo de introdução de dados em ambiente ‘escritório’, potencialmente a partir de gravações áudio, sem que por isso seja necessária a utilização direta da plataforma BIM.

Foram desenvolvidos dois *add-ins* distintos para a plataforma BIM: um primeiro que permite edição direta de informação de classes/famílias de objetos (Figura 6a); um segundo, que permite edição de parâmetros gerais do modelo (Figura 6b). Ambos os *add-ins* foram preparados com recurso à plataforma de programação visual (Dynamo), que interage diretamente com a Revit-API através da linguagem de programação Python.

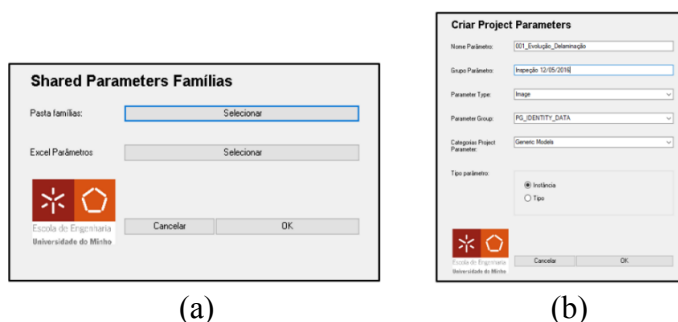


Figura 6-(a) Parâmetros partilhados; (b) Parâmetros do projeto

A primeira aplicação (Figura 6a) tem capacidade de automaticamente criar os parâmetros definidos na base de dados (ficheiro de Excel) no ficheiro dos parâmetros partilhados do da plataforma de modelação, caso estes não existam. De seguida, é possível atribuir valores a estes parâmetros diretamente a partir de Excel (Figura 7).

Shared Parameter Name	Shared Parameter Group	Parameter Type	Parameter Group	Is Instance?	Parameter Value
001_Evolução_Fenda_D9.73	Inspeção 30/04/2016	Integer	PG_DATA	true	2cm
002_Evolução_Fenda_D9.73	Inspeção 13/06/2017	Integer	PG_DATA	true	3cm
001_Manutenção_Fenda_D9.73	Inspeção 31/05/2016	Text	PG_IDENTITY_DATA	true	Recobrimento com argamassa
		Integer			
		Number			
		Length			
		Area			
		Volume			
		Angle			
		URL			

Figura 7-Tabela Excel para introduzir informação recolhida nas inspeções

A segunda aplicação (Figura 6b) permite, ao nível do modelo, criar parâmetros, neste caso de imagem, para todos os objetos de uma determinada categoria. Trata-se de um automatismo para facilitar a introdução de imagens da inspeção no modelo, em face de limitações inerentes à plataforma de modelação.

### 3. Aplicação a caso de estudo (Ponte Saltadouro)

O estudo aqui efetuado tinha como objetivo a modelação BIM da Ponte do Saltadouro (Figura 8a), situada em Ruivães, seguindo as regras de modelação e níveis de detalhe que foram propostos para a aplicação da metodologia BIM em inspeções de obras de arte. Trata-se de uma

ponete em betão armado, constituída por dois vãos livres de aproximadamente 16.8 metros suportados por um pilar central. Ambos os vãos da ponte são simplesmente apoiados nos encontros e no pilar. A seção transversal do tabuleiro corresponde a uma viga dupla (normalmente designada por “ $\pi$ ”).

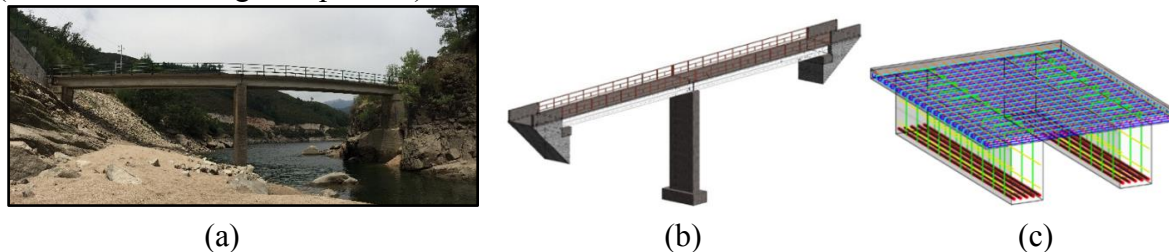


Figura 8- a) Aspeto geral da Ponte do Saltadouro; b) vista geral do modelo BIM; c) pormenor de armaduras numa parte do modelo

A inspeção que se realizou foi análoga a uma inspeção especial, e surgiu no contexto de caracterização da condição estrutural atual da ponte, tendo em conta a ausência de documentação relativamente à mesma (ausência de peças desenhadas e escritas). A inspeção compreendeu as seguintes técnicas/diligências/amostras: carotes, janelas de inspeção, amostras de armadura, georadar, fotografia 360°, *laser scanning*, fotogrametria e imagens termográficas. Realça-se de seguida um conjunto de aspetos relacionados com a modelação e captura de informação relevante do processo de inspeção que permitiu testar a metodologia proposta. O primeiro aspeto prendeu-se com a modelação da geometria (Figura 8a), que se baseou inicialmente em LOD Bridge 300. A modelação foi bastante facilitada pela disponibilidade da nuvem de pontos resultante de levantamento *laser scanning* efetuado pela Leica Geosystems (Eng. Luís Santos). Subsequentemente atingiu-se um nível de modelação LOD Bridge 400 em consequência da modelação das armaduras com base nos resultados obtidos por aplicação de georadar (Figura 8c).

A nuvem de pontos recolhida com *laser scanning* permitiu também o registo da deformada longitudinal (ver Figura 9) com um nível interessante de acuidade. Foi possível inferir deformada de cerca de 2,6cm no vão, sendo que a dispersão da nuvem de pontos em torno do que será a geometria real aparente ser da ordem  $\pm 2$ mm. Esta é uma interessante característica para monitorização simplificada do comportamento estrutural em inspeções consecutivas, face à crescente disponibilidade de equipamentos *laser scanning* (inerente à sucessiva redução do seu custo no passado recente).

A modelação da informação dos elementos recolhidos ao longo da inspeção passou pela modelação simbólica, como foi referido na secção 2.2, com a criação de famílias denominadas de *Patch* nas quais se colocou a informação relevante da inspeção. Na Figura 10 ilustram-se dois exemplos de modelação de sinais de corrosão e colonização biológica observados na ponte.



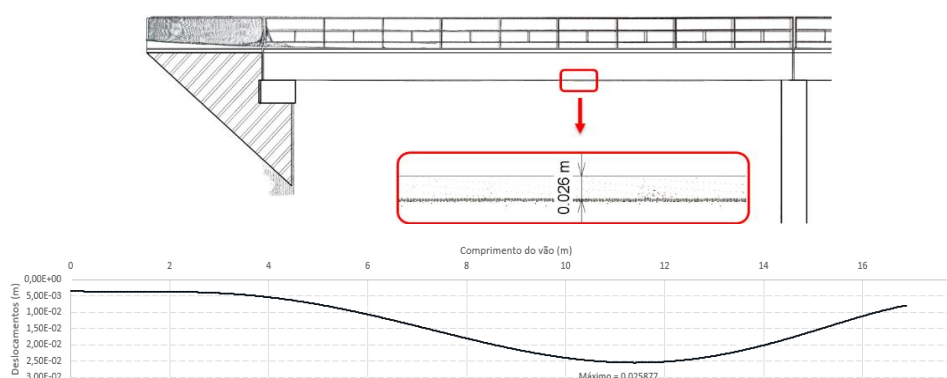


Figura 9-Identificação da deformada num dos trechos do tabuleiro

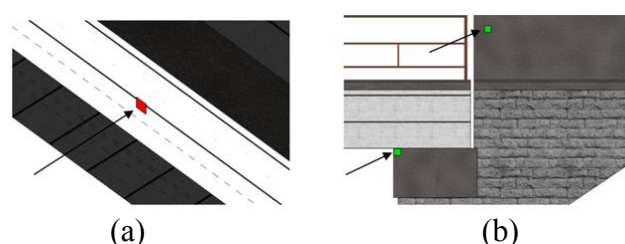


Figura 10: Identificação de anomalias por Patch no modelo BIM (a) corrosão; (b) colonização biológica

Para introduzir a informação nos objetos, recorreu-se à aplicação apresentada na seção 2.3, que demonstrou ter capacidades e funcionalidades para adicionar quantidades elevadas de informação a um conjunto de objetos. Refira-se que os objetos estão indexados à data de inspeção, contendo um conjunto de informação (ver Figura 11).

<1.2 Patologias>					
A	B	C	D	E	F
Family and Type	Comments	Imagem	Imagem Patologia	Phase Created	Imagem termográfica
Patologia_Corrosão: Patologia_Corrosão	Corrosão visível no troço E2-P1 (face later	P11.JPG	<a href="https://www.dropbox.com/sh/y">https://www.dropbox.com/sh/y</a>	30 de Abril de 2016	
Patologia_Colonização biológica: Patologia_Colonização biológica	Colonização biológica no encontro E2	Colonização biológica.JPG	<a href="https://www.dropbox.com/sh/y">https://www.dropbox.com/sh/y</a>	30 de Abril de 2016	
Patologia_Delaminação_V: Patologia_Delaminação_V	Delaminação na face superior de P1	P18.JPG	<a href="https://www.dropbox.com/sh/y">https://www.dropbox.com/sh/y</a>	30 de Abril de 2016	
Patologia_Colonização biológica: Patologia_Colonização biológica	Colonização biológica nos acrotérios de E	Colonização biológica nos acrotéri	<a href="https://www.dropbox.com/sh/y">https://www.dropbox.com/sh/y</a>	30 de Abril de 2016	
Patologia_Corrosão_H: Patologia_Corrosão_H	Corrosão e delaminação parcial em corres	P2.JPG	<a href="https://www.dropbox.com/sh/y">https://www.dropbox.com/sh/y</a>	30 de Abril de 2016	
Patologia_Delaminação: Patologia_Delaminação	Delaminação na face inferior da laje no tro	P20.jpg	<a href="https://www.dropbox.com/sh/y">https://www.dropbox.com/sh/y</a>	30 de Abril de 2016	<a href="https://www.dropb">https://www.dropb</a>
Patologia_Colonização biológica: Patologia_Colonização biológica	Colonização biológica nos acrotérios de E	Colonização biológica nos acrotéri	<a href="https://www.dropbox.com/sh/y">https://www.dropbox.com/sh/y</a>	31 de Maio de 2016	

Figura 11: Informação das patologias organizada em tabela no Revit

Para além desta informação, também foi embebido nas superfícies correspondes das vigas do modelo um levantamento fotográfico detalhado (orto-foto) das faces interiores/inferiores do tabuleiro (Figura 12a). Resultou, assim, uma forma de visualização que combina o modelo com a realidade em resolução compatível com a análise de todas as imperfeições observadas. Este embebimento da foto superficial fica também indexado à data de inspeção, podendo vir a ser facilmente sobreposto com levantamentos posteriores para efeitos comparativos.



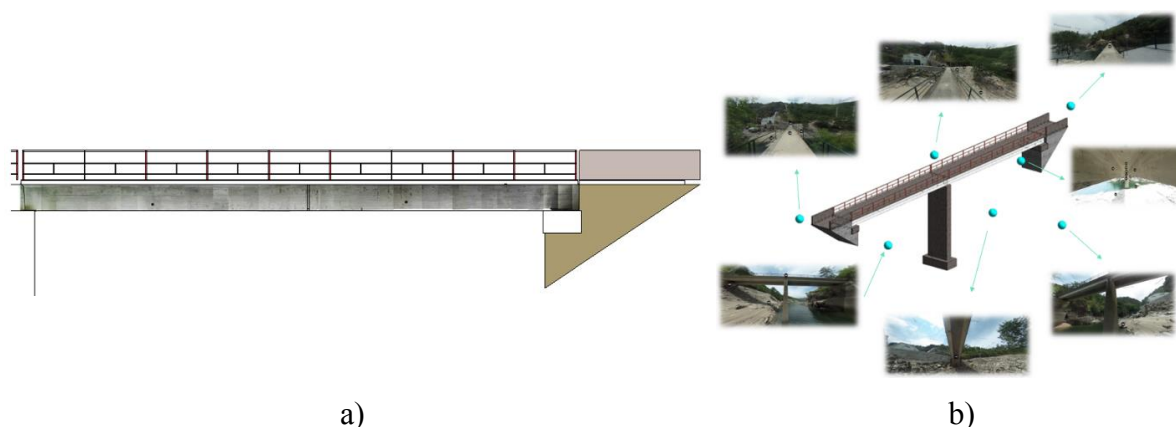


Figura 12: a) Sobreposição direta da fotogrametria no modelo BIM; b) Colocação de fotos 360° em objetos ‘esfera’ no modelo BIM

Foram também criados os objetos ‘esfera’ para colocação cumulativa de fotos 360°, tendo sido possível aferir a viabilidade de utilização dos mesmos com links externos (ver Figura 12b).

Adicionalmente, toda a informação presente no modelo foi disponibilizada em visualizador BIM gratuito (Autodesk 360®), permitindo assim que um utilizador inexperiente e não detentor da licença do software consiga aceder facilmente a vistas da localização de patologias, armaduras, etc., selecionando vistas gravadas no modelo (Figura 13). O acesso a relatórios também é possível através do visualizador, e a ferramenta digital ainda permite identificar ou adicionar em qualquer zona do modelo, alterações ou informações adicionais durante uma atividade de inspeção. Possibilita, ainda, navegar no modelo e pesquisar qualquer objeto pela sua tipologia, consultando todas as propriedades a que a ele estão associadas.

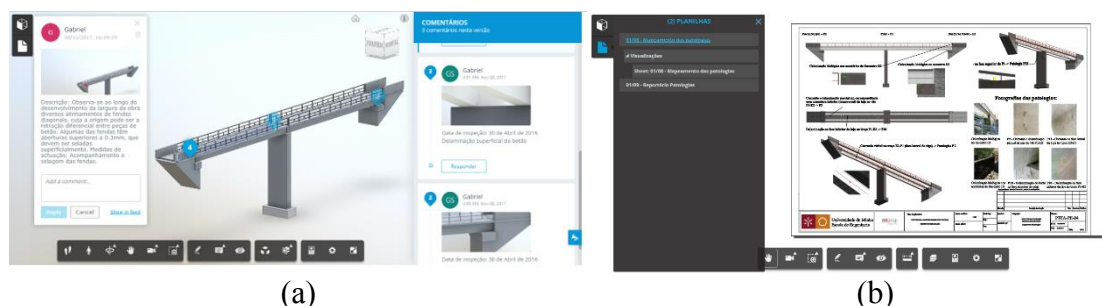


Figura 13: Vistas gerais do visualizador BIM: (a) comentários associados a objetos e localizações específicas do modelo; (b) relatório de inspeção Revit

#### 4. Conclusões

Apresentou-se neste artigo uma proposta de metodologia e uma aplicação piloto para a implementação ‘*Building Information Modelling*’ no contexto de inspeção e gestão da manutenção de obras de arte em betão armado. Foi também contemplado o recurso a tecnologias de apoio específicas, como o *laser scanning* e a fotografia 360°. Os vários aspetos propostos/discutidos foram testados no caso de estudo da inspeção e modelação de uma ponte em betão armado (Ponte do Saltadouro). A metodologia desenvolvida para inspeção e gestão

da manutenção nas obras de arte em betão armado em BIM dentro de um software existente, permitiu agrupar toda a informação recolhida nas inspeções, seguindo um conjunto de regras de modelação proposto, bem como uma definição de qualidade/quantidade de informação designada de LOD Bridge. Conseguiu-se uma contribuição positiva do uso do BIM na manutenção deste tipo de contexto, nomeadamente, na consulta de informação fornecida pelo modelo e posterior atualização com dados relativos a inspeções efetuadas no local. Apesar do cariz exploratório do presente estudo, os autores consideram que foi possível estabelecer bases sólidas que permitem justificar a continuidade de trabalhos no sentido de integrar metodologias BIM nas práticas correntes de inspeção de pontes em Portugal.

## Referências

- [1] EP, Manual de Inventário, Rotina, Principal, Especificações Técnicas, Estradas de Portugal, S.A., 2015.
- [2] E. Pärn, D. Edwards e M. Sing, “The building information modelling trajectory in facilities management,” *Automation in Construction*, pp. pp.45-55, 2017.
- [3] Y. Arayici, J. Counsell, L. Mahdjoubi e al., *Heritage Building Information Modelling*, Routledge, 2017.
- [4] Historic England, *BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information Model*, Swindon: Historic England, 2017.
- [5] T. Mendonça, V. Brito e F. Milhazes, “Aplicação de Gestão de Obras de Arte - GOA - Nova Geração,” BETAR Consultores Lda., pp. pp.1-10, 2010.
- [6] G. Sousa, “Implementação BIM no contexto de inspeção e gestão da manutenção de Obras de Arte em betão armado: proposta de metodologia e aplicação piloto”, *Dissertação de Mestrado*, Universidade do Minho, 2017.
- [7] A. Costa, B. Matos, D. Drumond e I. Rodrigues, *Guia de Constratação BIM*, CT197, 2018.
- [8] BIMForum, *Level of Development Specification*, 2017, [Online]. Available: <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2017/11/LOD-Spec-2017-Part-I-2017-11-07-1.pdf>.